

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-319361

(43)Date of publication of application : 04.12.1998

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 09-133464

(71)Applicant : NOK CORP

(22)Date of filing : 23.05.1997

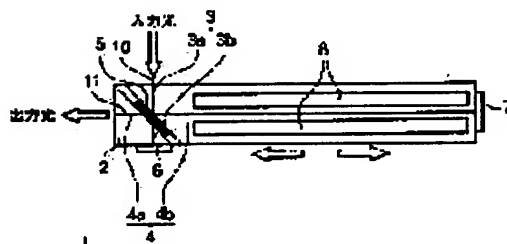
(72)Inventor : TAKATSU ICHIRO  
TOYAMA JIRO  
YAMADA TAKESHI  
KUBOTA YASUHIRO  
USHIJIMA SHINJI

## (54) OPTICAL MODULATOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical modulator smaller in size and easy to produce.

SOLUTION: Incident light from a light incident hole 10 propagates through a first optical waveguide 3, and its part transmits through a partial transmission/partial reflection film 5, and its part is reflected by the film 5 to be branched to a first optical waveguide 3 and a second optical waveguide 4. The branched light propagate through respective waveguides to be reflected by a first total reflection film 6 and a second total reflection film 7 of waveguide ends. The reflected light return respectively through the waveguides again, and are reflected/transmitted again by the partial transmission/partial reflection film 5 to be emitted from a light emission hole 11 while interfering with each other. When an electric field based on a required modulation signal is applied to the second part 4b of the second optical waveguide 4 by an electrode 8, the phase of the light propagating through the waveguide is changed by an electrooptic effect, and an intensity of interference light is changed according to this phase change, and the light is modulated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10-319361

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 F 1/035

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/035

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-133464

(22) 出願日 平成9年(1997)5月23日

(71) 出願人 000004385

エヌオーケー株式会社

東京都港区芝大門1丁目12番15号

(72) 発明者 高津 一郎

茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(72) 発明者 外山 二郎

茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(72) 発明者 山田 武司

茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

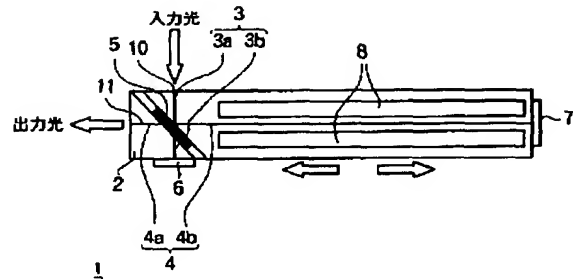
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光変調器

(57) 【要約】

【課題】 Y型分岐型導波路を有する従来の光変調器では、寸法上の制約があり小型化するのが難しく、製造も難しい。

【解決手段】 光入射口10からの入射光は第1の光導波路3を伝搬し、部分透過・部分反射膜5で一部が透過され一部が反射されて第1の光導波路3と第2の光導波路4とに分岐される。分岐された光は、各導波路を伝搬し、導波路端の第1の全反射膜6および第2の全反射膜7で反射される。反射された光は、各々再び導波路内を戻り、部分透過・部分反射膜5で再び反射・透過され、互いに干渉しながら光出射口11より出力光として出射される。電極8により第2の光導波路4の第2の部分4bに所望の変調信号に基づく電界を印加すると、電気光学効果によりその導波路を伝搬する光の位相が変化し、干渉光の強度がこの位相変化に応じて変化し、光を変調することが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 基材と、

前記基材上に形成され、電気光学材料からなり、一方の端部を光入射部とする第 1 の光導波路と、

前記基材上に前記第 1 の光導波路と所定の角度で交差するように形成され、電気光学材料からなり、一方の端部を光出射部とする第 2 の光導波路と、

前記第 1 の光導波路の他方の端部に設けられた第 1 の全反射光学部材と、

前記第 2 の光導波路の他方の端部に設けられた第 2 の全反射光学部材と、

前記第 1 の光導波路と前記第 2 の光導波路の交差部に設けられ、前記第 1 の光導波路に入射された光の、一部を反射して前記第 2 の光導波路の前記第 2 の全反射光学部材が設けられている方の端部の方向に入射させ、一部を透過して当該第 1 の導波路の前記第 1 の全反射光学部材の方向に入射させ、また、前記第 1 および第 2 の全反射光学部材で反射されて入射される光に対して、各々その、一部を反射して当該導波された光導波路とは異なる他の導波路に導波させ、一部を透過して当該導波された光導波路を引き続き導波させる部分反射光学部材と、

前記第 1 の光導波路の前記部分反射光学部材と前記第 1 の全反射光学部材との間、および、前記第 2 の光導波路の前記部分反射光学部材と前記第 2 の全反射光学部材との間の、少なくともいずれか一方に設けられ、当該光導波路に対して所望の変調信号に基づく電界を印加する電極とを有する光変調器。

【請求項 2】 前記基材は、前記第 1 の光導波路と前記第 2 の光導波路の交差部に、当該光導波路の断面を包含する側壁を有する溝が形成されており、

前記部分反射光学部材は、所望の光分岐比を得る部分透過・部分反射膜を形成した膜部材を前記溝に挿入して形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光変調器。

【請求項 3】 前記基材は、前記第 1 の光導波路と前記第 2 の光導波路の交差部に、当該光導波路の断面を包含する側壁を有する溝が形成されており、

前記部分反射光学部材は、所望の光分岐比を得る部分透過・部分反射膜を前記溝の側壁に直接形成されて構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光変調器。

【請求項 4】 前記第 1 の光導波路と前記第 2 の光導波路は、 $45^{\circ} \sim 90^{\circ}$  の大きな交差角で交差するように形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の光変調器。

【請求項 5】 前記第 1 および第 2 の光導波路は互いに直角に交差し、前記部分反射光学部材は、前記第 1 および第 2 の光導波路と各々  $45^{\circ}$  で交差していることを特徴とする請求項 4 記載の光変調器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば光通信や自動車などの光配線部品、あるいは、産業用機器の光信号処理、光制御、光計測などに適用される、小型で、容易に製作できる光変調器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信技術や光信号処理技術の進展により、光ファイバを介した自動車の光配線や、光信号を用いて各種の産業用機器を制御するための光計測、光信号処理などが実用化されつつある。そのような光情報伝送、光信号処理に用いる導波路型の光変調器としては、マッハツェンダ型干渉計で構成されたものが用いられている。

【0003】 そのこれまで用いられているマッハツェンダ型光変調器を図 3 に示す。図 3 に示すように、このマッハツェンダ型光変調器 90 は、対向する 2 つの Y 分岐型導波路  $91_{-1}$ 、 $91_{-2}$  とこれを結ぶ 2 本の直線導波路  $92_{-1}$ 、 $92_{-2}$  とで構成される。そして、2 本の導波路  $92_{-1}$ 、 $92_{-2}$  の両脇に電極 93 が設けられている。この電極 93 を介して変調信号に基づいた電界を導波路  $92_{-1}$ 、 $92_{-2}$  に印加することにより、電気光学効果によりその導波路を伝搬する光の位相が変化し、出力される干渉光の強度がこの位相変化に応じて変化し、光を変調される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このマッハツェンダ型光変調器には、まず、寸法上の制約があり、小型化するのが難しいという問題がある。図 4 を参照して具体的に説明すると、光変調器においては伝搬光はシングルモードでなければならないため、変調器を構成する Y 分岐型導波路 91 は、その分岐角度、分岐光路長に設計上の制約を受ける。たとえば、ニオブ酸リチウムを使用した Y 型分岐型導波路の場合、シングルモードを維持しながら分岐するための分岐角は約  $1^{\circ}$  と非常に小さいため、入力導波路と出力 2 導波路はほとんど直線状に接続しなければならない。

【0005】 また、導波路のコアとクラッドの屈折率の差を小さくしてシングルモード導波路としているため、その  $1^{\circ}$  の勾配を入力導波路に平行な導波路として、矩形基板の端面に直行して引き出すためには、光の導波路外へ漏洩を防ぐために、導波路の曲率 R を 50 mm 以上にすることがあり、この曲率部 a を 5 ~ 10 mm 必要とする。さらに、導波路の接続部では導波路幅が 1 入力導波路側から見て 2 倍になり、単純に接続すると、光の反射や伝送モードの変換により伝送損失が増大する。そのため、接続部をテーパにしてゆるやかに伝送モードを変換するための余分な長さ b が数 mm 必要になる。

【0006】 さらに、2 分岐導波路側から入力直線導波路へ信号を送るためには、接続点での伝送モードの乱れを緩和するため、一定以上の直線導波路 c (たとえば、3 mm 以上) が必要になる。これらを合計すると、従来

のY分岐部は全長が約15mm以上になる。前述したマッハツェンダ型光変調器90では、このようなY分岐型導波路を2組対向させ、さらにその間に電界印加用の直線導波路を設けなければならない。そのため、変調器全体では、40～50mm以上の長さになる。また、このような長さを有する変調器では、その後の加工、部品の変形を配慮すると、基板の幅を6mm以上とする必要があり、非常に大きな部品となる。

【0007】このように、マッハツェンダ型光変調器においては、小型化が難しくサイズが大きいため、通常の半導体素子と比較して1枚の基板から採れる素子数が少ない。たとえば、一般に光部品製作に用いる3インチの基板から、ここに示したマッハツェンダ型光変調器90が採れる量は10個以下である。これは、同様な工程をとる多くの半導体素子が1mm角以下であることを比較して考えると非常に少ない。その結果、従来のマッハツェンダ型光変調器は、生産性が低く、コストを低減することができないという問題が生じる。

【0008】また、このマッハツェンダ型光変調器には、構造が複雑であり製造が難しいという問題もある。このマッハツェンダ型光変調器90のY分岐部の接続部の形状は、分岐特性、損失に影響するため、非常に精密に製造しなければならない。特に、分岐中央錐状部は0.1μm程度の加工精度が必要になる。その結果、非常に高精度な加工も必要となり、一層のコスト増大を招くという問題が生じる。

【0009】したがって、本発明の目的は、より小型で、製作の容易な光変調器を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、2本の光導波路を同一平面上で交差させ、その交差部に部分透過・部分反射の光学薄膜を設けて入力光を反射光と透過光とに分割する分岐導波路を用い、小型化の妨げの原因であり高精度加工を必要とするY分岐導波路を用いないようにした。

【0011】したがって、本発明の光変調器は、基材と、前記基材上に形成され、電気光学材料からなり、一方の端部を光入射部とする第1の光導波路と、前記基材上に前記第1の光導波路と所定の角度で交差するように形成され、電気光学材料からなり、一方の端部を光出射部とする第2の光導波路と、前記第1の光導波路の他方の端部に設けられた第1の全反射光学部材と、前記第2の光導波路の他方の端部に設けられた第2の全反射光学部材と、前記第1の光導波路と前記第2の光導波路の交差部に設けられ、前記第1の光導波路に入射された光の、一部を反射して前記第2の光導波路の前記第2の全反射光学部材が設けられている方の端部の方向に入射させ、一部を透過して当該第1の導波路の前記第1の全反射光学部材の方向に入射させ、また、前記第1および第2の全反射光学部材で反射されて入射される光に対し

て、各々その、一部を反射して当該導波された光導波路とは異なる他の導波路に導波させ、一部を透過して当該導波された光導波路を引き続き導波させる部分反射光学部材と、前記第1の光導波路の前記部分反射光学部材と前記第1の全反射光学部材との間、および、前記第2の光導波路の前記部分反射光学部材と前記第2の全反射光学部材との間の、少なくともいずれか一方に設けられ、当該光導波路に対して所望の変調信号に基づく電界を印加する電極とを有する。

【0012】このような構成の光変調器においては、第1の光導波路の一方の端部に入射された光は、部分反射光学部材により一部が反射されて第2の光導波路に入射され、また一部がそのまま透過されることにより分岐される。各分岐された光は、各々第2および第1の全反射光学部材により全反射され、再び部分反射光学部材に入射される。そして、第2の全反射光学部材により全反射された光で部分反射光学部材を透過した光、および、第1の全反射光学部材により全反射された光で部分反射光学部材で反射された光が、各々干渉して出力光信号となり、第2の光導波路の一方の端部より出力される。したがって、電極を介して、導波路を往復する伝搬光の位相を電気光学効果により変化させれば、両光路間の反射光による干渉光強度を電氣的に制御することになり、光変調器として動作させることができる。

【0013】特定的には、前記基材は、前記第1の光導波路と前記第2の光導波路の交差部に、当該光導波路の断面を包含する側壁を有する溝が形成されており、前記部分反射光学部材は、所望の光分岐比を得る部分透過・部分反射膜を形成した膜部材を前記溝に挿入して形成されている。また特定的には、前記基材は、前記第1の光導波路と前記第2の光導波路の交差部に、当該光導波路の断面を包含する側壁を有する溝が形成されており、前記部分反射光学部材は、所望の光分岐比を得る部分透過・部分反射膜を前記溝の側壁に直接形成されて構成されている。

【0014】好適には、前記第1の光導波路と前記第2の光導波路は、45°～90°というような、比較的大きな交差角で交差するように形成されている。そして特定的には、それら第1および第2の光導波路は互いに直角に交差し、前記部分反射光学部材はその第1および第2の光導波路と各々45°で交差し、その第1および第2の光導波路と全反射部材で構成される干渉計がマイケルソン型干渉計を構成する。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の一実施の形態を図1および図2を参照して説明する。図1は、本実施の形態の光変調器を示す上面図である。図2は、図1に示した光変調器の光分岐導波路部10を示す斜視図である。

【0016】まず、光変調器1の構造について説明する。図示のごとく、光変調器1においては、基板2の同

一平面上に、電気光学材料からなり直線状の2本の第1の光導波路3および第2の光導波路4が形成されている。この第1の光導波路3および第2の光導波路4は、 $90^\circ$ で交差されている。また、第1の光導波路3および第2の光導波路4は後述する部分透過・部分反射膜5により、各々2つの部分3a、3b、および、4a、4bとに分割されている。さらに、第1の光導波路3の第1の部分3aの端部が光入射口10、第2の光導波路4の第2の部分4bの端部が光出射口11として用いられる。

【0017】その第1の光導波路3と第2の光導波路4の交差部には、入射される光の一部を反射し一部を透過する部分透過・部分反射膜5が設けられている。部分透過・部分反射膜5は、第1の光導波路3に入射され、その第1の部分3aを導波された光の一部を透過して、第1の光導波路3の第2の部分3bに入射させ、またその光の一部を反射して、第2の光導波路4の第2の部分4bに入射させる。また、後述する第1の全反射膜6および第2の全反射膜7により反射された、第1の光導波路3の第2の部分3bを導波された光の一部、および、第2の光導波路4の第2の部分4bを導波された光の一部を各々反射および透過させて、ともに第2の光導波路4の第1の部分4aに入射させる。

【0018】この部分透過・部分反射膜5について図2を参照して詳細に説明する。基板2の第1の光導波路3と第2の光導波路4の交差部には、これら2つの光導波路3、4と $45^\circ$ の角度をなし、幅が約 $30\mu\text{m}$ で、深さが第1の光導波路3および第2の光導波路4の深さ以上（本実施の形態においては $10\mu\text{m}$ 以上）の溝9が形成されている。そして、溝9に、入射される光の一部を反射し一部を透過する部分透過・部分反射膜5が挿入される。この部分透過・部分反射膜5は、導波光に対して透明な有機フィルムに半透過反射の光学薄膜が形成されて、あるいは、導波光に対して透明な無機材料からなる薄板に同様の光学薄膜が形成されて構成される。なお、光学薄膜は、たとえば多層干渉膜または金属膜により構成される。

【0019】第1の光導波路3および第2の光導波路4の、各第2の部分3b、4bの端面であって、光入射口および光出射口とは異なる方の端面には、伝搬光を再び導波路内へ反射する第1の全反射膜6および第2の全反射膜7が設けられている。なお、これら、第1の光導波路3、第2の光導波路4、部分透過・部分反射膜5、第1の全反射膜6および第2の全反射膜7により、マイケルソン型の光干渉計が構成される。

【0020】第2の光導波路4の部分透過・部分反射膜5と第2の全反射膜7との間の第2の部分4bには、第2の光導波路4に対して電界を加える電極8が設けられている。この電極8に、任意の変調信号に基づいた電圧を印加し、電極8に電界を加え、第2の光導波路4を往

復する伝搬光の位相を電気光学効果により変化させることにより、部分透過・部分反射膜5を介して第2の光導波路4の第1の部分4aを通過して出射される、両光路間の反射光による干渉光の強度を電氣的に制御することができ、このような構造の素子を光変調器として動作させることができる。

【0021】このような構造の光変調器1を用いて光変調を行う動作についてまとめて説明する。第1の光導波路3の光入射口10より入射された光は、第1の光導波路3の第1の部分3aを導波されて部分透過・部分反射膜5に入射される。部分透過・部分反射膜5においては、その光の一部を透過するとともに、その膜の部分反射光を交差するもう第2の光導波路4の第2の部分4bに導き、入力光を有効に分岐する。分岐された光は、各導波路を伝搬した後、導波路端に設置された全反射鏡6、7で反射され、再び導波路内に戻る。

【0022】戻ってきた光は、それぞれ部分透過・部分反射膜5によって再び反射あるいは透過され、互いに干渉しあいながら、第2の光導波路4の第1の部分4aを伝搬し、その導波路端の光出射口11より出力光として出射する。この時、第2の光導波路4の第2の部分4bにおいて、部分透過・部分反射膜5と第2の全反射膜7との間に設置された電極8に、電界を印加すると、電気光学効果によりその導波路を伝搬する光の位相が変化する。これにより、第2の光導波路4の第1の部分4aを伝搬する干渉光の強度が、この位相変化に応じて変化する。従って、この電極に所望の変調信号からなる電界を印加することで、光を変調することが可能となり、光変調器として機能する。

【0023】このように、本実施の形態の光変調器1においては、従来の光変調器における分岐導波路の複雑なテーパ形状の光導波路部分、大半径の曲線導波路部分などを必要としないため、形状が従来の部品に比べて大幅に小型になる。具体的には、基板の長さは、部分透過・部分反射膜5を用いた分岐部が $1\sim 2\text{mm}$ 程度で十分であることから位相制御用の電極8の長さが大半を占め、基板全長は $20\text{mm}$ 以下となる。基板幅についても、基板全長が短くなること、また、電極は導波路1本分でよいといったことから、従来のものより細い $3\text{mm}$ 以下とすることができる。以上より、基板の大きさは従来の $1/4$ 以下となる。

【0024】また、素子の大きさが従来の $1/4$ 以下となることから、1枚の材料基板から生産される部品数は単純に計算すると約4倍となり、1個当りのコストは大きく低減できる。また、分岐部を構成する2本の導波路は比較的大きな交差角（本実施の形態の光変調器1においては $90^\circ$ ）を有するので、分岐部を容易に製造することができる。また、損失、分岐比といった、部品の特性は、部分透過・部分反射膜に依存するので、特性の管理も容易になる。

【0025】なお、本素子は小さいため、取扱いを容易にするために、この基板より大きく、かつ安価な支持基板にこの素子を固定して、その支持基板にV溝を設けてファイバーを接続したり、その指示基板に受光素子や発光素子を固定して導波路と接続することも可能である。さらに、外部との接続は、光ファイバを直接接続することが可能であり、さらに、基板端面の導波路開口に直接受光素子や発光素子を接着することも可能である。

【0026】次に、この光変調器1の製造方法について、具体例を2つ挙げて説明する。まず、第1の例として、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)基板を用いて光変調器1を製造する場合について説明する。まず、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)基板上に、Ti熱拡散法により、直交する2本のシングルモード直線導波路を形成する。次に、この交差点に対して、ダイシングソーで、厚さ30μmのメタルブレードを使用して、直交する光導波路各々と45°の角度で交差し、基板に垂直な、深さ10μm以上の溝を設ける。

【0027】次に、その溝に、それぞれの光導波路に対して所望の光分岐比を得るための、多層干渉膜、金属膜などの光学薄膜からなる部分反射・部分透過膜を形成する。この部分反射・部分透過膜は、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)結晶の薄片に、部分反射・部分透過膜を形成したものを、設けられた溝に挿入する事により形成する。次に、ダイシングソーを用いて、導波路に直角で交差点を含む矩形領域を、変調器基板として切り出す。そして最後に、交差導波路の各々について、それぞれ一方の導波路端面に誘電体薄膜または金属薄膜からなる全反射膜を形成するとともに、一方の導波路に電界印加用の電極を形成する。なお、この溝内の部分反射・部分透過膜と光導波路との間には、ニオブ酸リチウム基板と同等の屈折率を有する屈折率調節剤を充填する。このようにして本実施の形態の光変調器は製造可能である。

【0028】次に、第2の例として、光導波路として、Si基板上に形成した非線形有機導波路を用いる場合について説明する。まず、下部電極層を形成したSiウェハ上に、クラッド層としてコア層より屈折率の低いポリマー、および、コア層の非線形有機ポリマーを、スピコートなどにより塗布する。それぞれの膜厚は、最終的な導波路幅と膜厚の関係から、シングルモード導波路となるように制御する。本実施の形態においては、コア層2μm、クラッド層3μmである。この上に、十字に交差して3~6μm、好適には4~5μm幅のレジストパターンニングをフォトリソグラフィーにより形成する。

【0029】次に、これを酸素ガス中でRIE処理してコア層のみをエッチングし、レジスト形状幅とコア層薄膜の矩形形状の光導波路を形成する。そして、その表面に再びクラッド層をスピコートなどにより形成する。次に、一方のクラッド層上に、下部電極層とでコア層を挟むように、上部電極層を形成する。この後、この交差

部に対し、ダイシングソーで、厚さ30μmのメタルブレードを使用して、直交する光導波路と45°の角度で、基板に垂直な、深さ10μmの溝を形成する。次に、その溝に、それぞれの光導波路に対して所望の光分岐比を得るための、多層干渉膜、金属膜などの光学薄膜からなる部分反射・部分透過膜を形成する。この部分反射・部分透過膜の形成は、リボン状の部分反射・部分透過膜を溝に挿入し、切断面に膜が密着するように透明な接着剤を用いて固定する。

【0030】その後、ダイシングソーを用いて、導波路に直角で交差点を含む矩形形状の部分を変調器基板として切り出す。最後に、交差導波路の各々について、それぞれ一方の導波路端面に誘電体薄膜または金属薄膜からなる全反射膜を形成するとともに、一方の導波路に電界印加用の電極を形成する。このようにして本実施の形態の光変調器は製造可能である。なお、予めSi基板上にファイバ接続に用いるV溝をエッチングにより形成しておくことにより、ファイバの位置合わせを容易にし、部品作成工程の削減、接続工程の簡素化が可能となるので、そのようにしてもよい。

【0031】なお、本発明の光変調器は本実施の形態例に限られるものではなく、種々の改変が可能である。たとえば、本実施の形態の光変調器1においては、第1の光導波路3と第2の光導波路4は、90°の角度で交差し、それら各導波路と45°で交差するように部分透過・部分反射膜5が設けられていたが、これに限られるものではない。2つの導波路は、90°に近いような比較的大きな角度で交差する方が製造の容易さから有利であるが任意の角度で交差してよい。また、部分透過・部分反射膜5は、一方の導波路を伝搬されて入射された光の反射光が、適切に他の導波路に入射されるような角度に決定されるものであり、第1の光導波路3と第2の光導波路4の配置により決定される。

【0032】また、2つの光導波路の交差部分に対する部分反射・部分透過膜を形成する方法も、任意の方法でよい。たとえば、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)結晶の薄片に部分反射・部分透過膜を形成したものを溝に挿入する方法でもよい。また、部分反射・部分透過膜が溝の一方の側壁に形成されるように、光導波路基板を傾斜させて、多層干渉膜、金属膜などの光学薄膜を蒸着またはスパッタリングした後、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)基板と同等の屈折率を有する屈折率調節剤を充填するようにして部分反射・部分透過膜を形成してもよい。

【0033】また、その部分反射・部分透過膜も、通常、空間光光学系においてハーフミラーとして用いられている種々の部材を用いてもよい。もちろん、その製作技術も、ハーフミラーと同一の方法により製作・形成してよい。また、導波路の材料も任意に変更してよい。また、本発明の光変調器の製造方法も、前述した2つの例

に限られるものではなく、工程順序の変更、部分反射・部分透過膜の成膜方法、導波路形成方法などは、任意に変更してよい。

# 【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光変調器によれば、長尺でありサイズの大きいY分岐導波路を用いず、2本の光導波路の交差部に光学的半透膜を設けて入力光を反射光と透過光とに分割する分岐導波路を用いているので、光変調器の大幅な小型化が可能となる。またこれにより、従来とほぼ同一のプロセスながら、1枚のウェハより一連の製造工程により多くの光変調器を得ることができ、設備の1素子当りの稼働効率が向上し、低コスト化が実現できる。また、素子の小型化によりプロセスの均一性の要求度を従来より低くすることができるので、歩留りが向上し一層低コスト化が可能となる。

【0035】また、本発明の光変調器においては、鋭い屈曲部や曲線部もなく、加工精度も従来の光変調器に比べて緩和されるので、製作が容易になる。またこれにより、歩留りが向上する上に、より低廉な設備での製造も可能となるため、この点においてもコストが削減される。

# 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の光変調器の構造を示す図である。

【図2】図1に示した光変調器の光分岐導波路部を示す斜視図である。

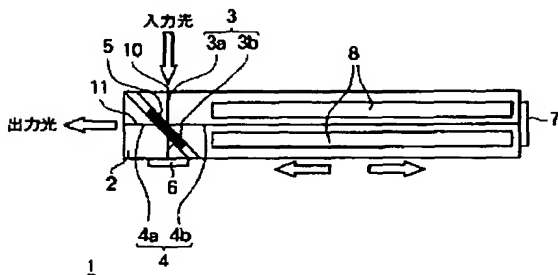
【図3】従来の光変調器の構造を示す図である。

【図4】図3に示した光変調器のY型光分岐導波路部を示す図である。

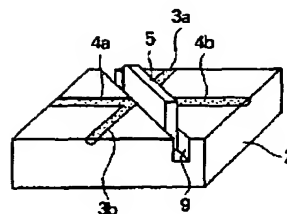
# 【符号の説明】

- 1…光変調器
- 2…基板
- 3…第1の光導波路
- 4…第2の光導波路
- 5…部分透過・部分反射膜
- 6…第1の全反射膜
- 7…第2の全反射膜
- 8…電極
- 9…溝
- 10…光入射口
- 11…光出射口

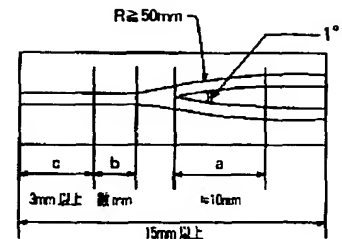
【図1】



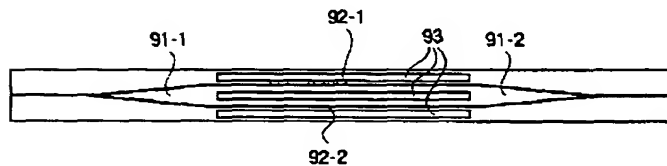
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 久保田 靖博  
茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内

(72)発明者 牛島 慎二  
茨城県つくば市和台25 エヌオーケー株式  
会社内